



DEUTSCHES
PATENTAMT

21 Aktenzeichen: P 38 33 110.1
22 Anmeldetag: 29. 9. 88
43 Offenlegungstag: 5. 4. 90

DE 3833110 A1
BEST AVAILABLE COPY

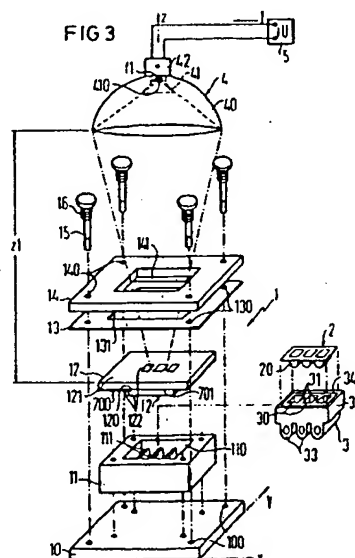
71 Anmelder:
Siemens AG, 1000 Berlin und 8000 München, DE

72 Erfinder:
Heinzl, Joachim, Prof. Dr.-Ing.; Bühler, Karl, 8000
München, DE

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

54 Verfahren und Anordnung zum Verschweißen von thermoplastischen Werkstoffen mittels Wärmestrahlung

Zum Verschweißen von thermoplastischen Werkstoffen mittels Wärmestrahlung insbesondere für Tintenbehälter werden eine thermoplastische, transparente Membranfolie (2) und ein thermoplastischer, massiv ausgebildeter sowie strahlungsabsorbierender Grundkörper (3) unter einer federnden Andruckkraft (F) auf einer Aufnahmevorrichtung (11) zusammengedrückt und in ein energiereiches Strahlenbündel einer Strahlungseinrichtung (4) gebracht. Zur Bildung einer Schweißnaht wird ferner in einem Schweißabstand (zl) zur Strahlungseinrichtung (4) ein mit einer Reflexionsschicht (122) beschichtetes transparentes Andruckelement (12) angeordnet, das das Strahlenbündel bereichsweise ausblendet.



DE 3833110 A1

Beschreibung

Die Erfindung bezieht sich auf ein Verfahren und Anordnung zum Verschweißen von thermoplastischen Werkstoffen mittels Wärmestrahlung gemäß den Patentansprüchen 1 und 5.

Das Schweißen als Fertigungsverfahren ist generell in Verbindungsschweißen, bei dem Werkstoffe unlösbar vereinigt werden, und Auftragschweißen, bei dem ein Werkstoff beschichtet wird, unterteilbar. Entsprechend dieser Definition unterscheidet man weiterhin zwischen Schmelz- und Preßschweißen. So müssen beispielsweise beim Verbindungsschweißen die zu vereinigenden Werkstoffflächen auf Schweißtemperatur und ferner in innige Berührung gebracht werden. Während die metallischen Werkstoffe durch Schmelz- oder Preßschweißen miteinander vereinigt werden, findet das Vereinigen von thermoplastischen Kunststoffen unter Anwendung von thermischer sowie mechanischer Energie statt. Dieses Preßschweißen geht im plastischen Zustand der Verbindungsflächen des Kunststoffes innerhalb einer Schweißzone vor sich.

Aus der Literatur "Einführung in die Kunststoffverarbeitung" von G. Menges; Hanser-Verlag München, Wien 1979 ist ein Verfahren zum Verschweißen von thermoplastischen Werkstoffen bekannt, bei dem die Werkstoffe mit Hilfe eines Wärmestempels zusammengefügt werden. Bei dem Wärmestempel handelt es sich um einen entsprechend der Schweißnaht ausgebildeten teflonbeschichteten Metallstempel mit einer eingebauten Heizwicklung. Durch impulsartiges Erwärmen des Wärmestempels bei gleichzeitiger Druckbeanspruchung der zu verbindenden Werkstoffe werden diese miteinander verschweißt. Die Schweißenergie wird dabei durch Wärmeleitung auf die zu verbindenden Teile übertragen. Mit diesem als Heizelementschweißen bezeichneten Verfahren lassen sich die unterschiedlichsten thermoplastischen Werkstoffe miteinander verbinden. Nachteilig ist es jedoch, daß für das Heizelementschweißen ein relativ hoher apparativer Aufwand einschließlich eines von der Entwicklungsdauer aufwendig hergestelltes Stempelwerkzeug erforderlich ist. Dieses gilt insbesondere dann, wenn man zu schnellen Schweißergebnissen kommen möchte. Darüber hinaus ist es für das Heizelementschweißen problematisch, daß der zu verschweißende Werkstoff sehr stark mechanisch und thermisch beansprucht wird. Dieses ist insbesondere dann der Fall, wenn ein thermoplastischer Folienwerkstoff mit einem massiven thermoplastischen Kunststoffteil zusammengefügt wird.

Der vorliegenden Erfindung liegt daher die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren und eine Anordnung zum Verschweißen von thermoplastischen Werkstoffen anzugeben, bei dem zur Durchführung bzw. für dessen Aufbau ein geringerer apparativer Aufwand erforderlich ist und das andererseits bei geringerer mechanischen und thermischen Belastung der Schweißpartner schnellere Schweißergebnisse liefert sowie kostengünstig und bedienungsfreundlich in der Durchführung ist.

Erfindungsgemäß wird die Aufgabe bei dem Verfahren und der Anordnung zum Verschweißen von thermoplastischen Werkstoffen mittels Wärmestrahlung durch die in den Patentansprüchen 1 und 5 angegebenen Merkmale gelöst.

Die Lösung zeichnet sich danach insbesondere dadurch aus, daß ein erstes und zweites thermoplastisches Werkstück bei geringer mechanischer und thermischer Belastung unter einer federnden Andruckkraft durch ein energiereiches Infrarot-Strahlenbündel miteinander verschweißt wird. Als Material für die thermoplastischen Werkstücke, insbesondere beim Herstellen von Tintenbehältern, wird vorzugsweise eine elastisch ausgebildete, transparente Kunststoffolie bzw. ein massiv ausgebildeter, strahlungsabsorbierender Kunststoff verwendet. Darüber hinaus zeichnet sich die Lösung durch die Verwendung eines transparenten Andruckelementes und einer reflektierenden Blende aus, mit denen zur Bildung einer Schweißnaht das von der Strahlungseinrichtung emittierte Infrarot-Strahlenbündel in der Schweißebene im Bereich außerhalb der Schweißnaht zwischen den beiden thermoplastischen Werkstücken ausgeblendet wird und die unmittelbar auf dem ersten thermoplastischen Werkstück angeordnet sind. Für das transparente Andruckelement wird vorzugsweise ein spannungsarmer Glaswerkstoff mit guten Transmissionseigenschaften im Infrarotbereich verwendet, während die reflektierende Blende in vorteilhafter Weise aus Titan oder einer Chrom-Nickel-Verbindung aufgebaut ist. Darüber hinaus läßt sich das transparente Andruckelement mit der reflektierenden Blende unmittelbar verbinden. Durch die glatte Oberfläche des transparenten Andruckelementes ergibt sich ferner eine glatte, glänzende Schweißnaht, bei der beim Ausformen der thermoplastischen Werkstücke nach dem Schweißvorgang keine Haftungsprobleme mit dem Andruckelement auftreten. Die Lösung zeichnet sich außerdem dadurch aus, daß sehr komplizierte, ebene Konturen schnell und kostengünstig geschweißt werden können, wobei die jeweilige Schweißkontur durch Austauschen des Andruckelementes und der reflektierenden Blende ohne großen zeitlichen Aufwand geändert werden kann.

Weitere Vorteile und Weiterbildungen der Erfindung ergeben sich aus der nachfolgenden Beschreibung eines Ausführungsbeispiels anhand der Zeichnungen. Dabei zeigen:

Fig. 1 den prinzipiellen Aufbau einer Infrarot-Schweißvorrichtung,

Fig. 2 die Temperaturverteilung des Infrarotschweißens in bezug zum Heizelementschweißen über die Dicke der zu verschweißenden thermoplastischen Werkstoffe,

Fig. 3 in einer Explosionsdarstellung eine Infrarot-Schweißvorrichtung für Tintenbehälter,

Fig. 4 in einer Prinzipdarstellung die Fokussierung der Infrarotstrahlen auf eine Schweißfläche,

Fig. 5 die transmittierte und reflektierte Infrarotstrahlung einer für den Schweißvorgang richtig beschichteten, mit einer Reflexionsschicht versehenen Spiegelmaske,

Fig. 6 die transmittierte und reflektierte Infrarotstrahlung einer für den Schweißvorgang falsch beschichteten, mit einer Reflexionsschicht versehenen Spiegelmaske,

Fig. 7 einen Tintenbehälter mit drei Flüssigkeitskammern,

Fig. 8 einen Tintenbehälter mit einer Flüssigkeitskammer.

Die Fig. 1 zeigt den prinzipiellen Aufbau einer Vorrichtung zum Infrarotschweißen von thermoplastischen teilkristallinen Werkstoffen. Ausgangsmaterial für den Schweißvorgang sind ein auf einer ortsfesten Plattform 6

auf liegendes thermoplastisches teilkristallines Werkstück 3 der Dicke d_2 und ein weiteres aufgeschichtetes thermoplastisches teilkristallines Werkstück 2 der Dicke d_1 , die in der Schichtungsebene, im folgenden auch Schweißebene genannt, an vorgegebenen Schweißflächen A miteinander verschweißt werden sollen. Dazu ist auf dem thermoplastischen Werkstück 2 ein spannungsarmes Andruckglas 12, beispielsweise ein für thermische und mechanische Belastungen geeignetes Tempax-Tafelglas aus Borosilikat, der Dicke d_0 angeordnet, wo es mit einer Andruckkraft F gleichmäßig auf das thermoplastische Werkstück 2 gedrückt wird. Die Notwendigkeit dieser Andruckkraft F erklärt sich aus der schweißtechnischen Praxis von Kunststoffen. So ist wegen der relativ hohen dynamischen Viskosität der Kunststoffe, beispielsweise $\eta \cdot 10^4$ cP, beim Schweißen ein bestimmter Druck erforderlich. Dieses ist darauf zurückzuführen, daß für das Verschweißen von teilkristallinen Thermoplasten diese bis zu einer Temperatur oberhalb der Kristallisationstemperatur erwärmt werden müssen. Da der Kunststoff in diesem plastischen Zustand auseinanderfließt, ist ein gewisser Druck erforderlich, um das Ineinanderfließen bzw. Verschweißen der Grenzflächen zu erreichen. Dieser Schweißdruck darf aber auch andererseits nicht zu stark sein, da ansonsten beim Wegdrücken der Schmelze die Festigkeit der Schweißnaht verringert wird. Dies ist insbesondere dann der Fall, wenn das thermoplastische Werkstück 2 als Kunststoffolie ausgebildet ist. Darüber hinaus muß beim Aufbringen der Andruckkraft F berücksichtigt werden, daß beim Abkühlen des Kunststoffes ein Volumenschwund eintritt, der durch entsprechende Maßnahmen ausgeglichen werden muß. Hierzu böte sich beispielsweise eine federnde Andruckkraft F_{an} .

Oberhalb des Andruckglases 12 ist in einem Abstand z_1 eine Halogenglühlampe 41 angeordnet. Diese Halogenglühlampe 41 ist mit einer Spannungsquelle 5 elektrisch verbunden, die durch Anlegen einer Spannung U der Halogenglühlampe 41 einen Strom I aufzwingt. Die Halogenglühlampe 41 wandelt diesen Strom I in einen proportionalen Strahlungsfluß Φ um. Die von der Halogenglühlampe 41 emittierte Strahlung gelangt unter einen Raumwinkel Ω auf die Oberfläche des Andruckglases 12.

Im Unterschied zum Heizelementschweißen, wo der Energietransport durch Wärmeleitung erfolgt, wird beim Infrarotschweißen die für das Schweißen notwendige Energie mittels Wärmestrahlung zugeführt. Die von der Halogenglühlampe 41 abgegebene Strahlungsenergie wird von dem Andruckglas 12 und den beiden thermoplastischen Werkstücken 2, 3 entsprechend dem jeweiligen Reflexions-, Absorptions- und Transmissionsgrad in Wärme umgewandelt. Für die Selektion des für den Schweißvorgang geeigneten Andruckglases 12 und der beiden thermoplastischen Werkstücke 2, 3 sowie für die Berechnung der jeweiligen optischen Eigenschaften ist die Beziehung nach dem Energieerhaltungssatz, daß die Summe der Reflexions-, Absorptions- und Transmissionsenergie in bezug zur Strahlungsenergie der Halogenglühlampe 41 gleich 1 ist, anzuwenden.

In Fig. 2 ist gemäß der Darstellung in Fig. 1 die Temperaturverteilung der am Schweißprozeß beteiligten Bauteile sowohl für das Infrarotschweißen (IR) als auch für das Heizelementschweißen (HE) dargestellt. Dieser qualitativen Darstellung kann unmittelbar entnommen werden, daß beginnend bei einer Raumtemperatur ϑ_1 die maximale Erwärmung beim Infrarotschweißen direkt in der Schweißebene bei einer Schweißtemperatur ϑ_2 auftritt, während beim Heizelementschweißen die maximale Erwärmung an der Oberfläche des thermoplastischen Werkstückes 2 bei einer Temperatur ϑ_3 unterhalb einer Zersetzungstemperatur ϑ_{zer} des Kunststoffes auftritt. Aufgrund dieser Tatsache lassen sich mit dem Infrarotschweißen insbesondere schnellere Schweißergebnisse erzielen als beim Heizelementschweißen. Die Güte der Schweißung beim Infrarotschweißen ist darüber hinaus im einzelnen von der Schweißtemperatur, der Einwirkdauer der Schweißtemperatur, der Temperaturverteilung in der Schweißebene, dem Schweißdruck und dem Abkühlvorgang abhängig. Die Schweißtemperatur wiederum ist auf die Leistung der Halogenglühlampe 41, den Verlusten im Strahlengang, den optischen Eigenschaften der miteinander zu verschweißenden thermoplastischen Werkstücke 2, 3 und den Abstand z_1 zwischen dem Andruckglas 12 und der Halogenglühlampe 41 zurückzuführen.

Die Fig. 3 zeigt in einer Explosionsdarstellung den prinzipiellen Aufbau einer Infrarot-Schweißvorrichtung für Tintenbehälter. Die Schweißvorrichtung besteht dazu im wesentlichen aus einer Andruckvorrichtung 1 und einer Schweißlampe 4. Um im folgenden das Zusammenwirken der einzelnen Bestandteile der Andruckvorrichtung 1 im Zusammenhang mit dem Verschweißen der thermoplastischen Werkstücke 2, 3 erläutern zu können, sind die einzelnen Bestandteile der Andruckvorrichtung 1 explosionsartig dargestellt. Charakteristisch für den Aufbau der Andruckvorrichtung 1 ist eine Grundplatte 10, auf der eine Aufnahmevorrichtung 11 für die thermoplastischen Werkstücke 2, 3 mittig lösbar befestigt ist. Die gegenüber der Grundplatte 10 kleinere Aufnahmevorrichtung 11 ist derart ausgebildet, daß die Werkstücke 3 im Bereich der Schweißnaht bzw. Schweißnähte eine Auflage erfahren. Die weitere Ausgestaltung der Aufnahmevorrichtung 11 richtet sich danach, wie die miteinander zu verschweißenden thermoplastischen Werkstücke 2, 3 geformt sind. Mit der in Fig. 3 dargestellten Schweißvorrichtung soll beispielsweise ein Tintenbehälter, wie er in Fig. 7 dargestellt ist, für die drei Tintenfarben gelb, cyanblau und magentarot hergestellt werden. Typisch für einen derartigen Tintenbehälter sind ein schwarzer Grundkörper 3 aus Lupolen der HDPE-Gruppe (HDPE: High-Density-Polyethylen) mit einer glänzenden Oberfläche sowie einem kristallinen Anteil von 90% und eine naturfarbene, transparente Membranfolie 2 aus Lupolen der LDPE-Gruppe (LDPE: Low-Density-Polyethylen) mit einer matten Oberfläche sowie einem kristallinen Anteil von ca. 60%. Während der Grundkörper 3 im Bereich der Schweißnaht 1,5 mm dick ist, weist die zweifach geschichtete und darüber hinaus elastisch ausgebildete Membranfolie 2 eine Gesamtdicke von 200 μ m auf. Der Grundkörper 3 wird im Spritzguß hergestellt und enthält im wesentlichen ein an zwei sich gegenüberliegenden Seiten offen ausgebildetes quaderförmiges Basisteil 32 mit einem Hohlraum 320, der durch zwei in einem äquidistanten Abstand voneinander angeordnete Trennwände 31 in drei gleichgroße Tintenammern 30 unterteilt wird. Um die Tintenammern 30 noch zu vergrößern, schließt sich an einer offenen Seite des quaderförmig ausgebildeten Basisteils 32 jeweils ein im Querschnitt U-förmig ausgebildetes, an den Stirnflächen geschlossenes Formteil 33 an. Auf der gegenüberliegenden offenen Seite des quaderförmigen Basisteils 32 ist eine von der Deckfläche des Basisteils 32 abstehende Umrandung 34 vorgesehen. Mit dieser Umrandung 34 ist gleichzeitig auch die doppelt beschichtete, elastisch ausgebildete Membranfolie 2 umfaßt, die

vor dem Einsetzen des Grundkörpers 3 in die Aufnahmevorrichtung 11 auf das Basisteil 32 gelegt wird. Die Membranfolie 2 weist dazu entsprechend der Anordnung der Tintenkammern 30 in dem Grundkörper 3 flexible Wölbungen 20 auf, die beim Aufbringen der Membranfolie 2 auf den Grundkörper 3 in die Tintenkammern 30 eintauchen. Die Umrandung 34 dient als Auslaufschutz der Tintenflüssigkeit für den Fall, daß die mit dem Grundkörper 3 verschweißte Membranfolie 2 bei der Verwendung der Tintenbehälter in Tintendruckeinrichtungen mit der Zeit verschleißt und tintendurchlässig wird.

Beim Einsetzen des Grundkörpers 3 in die Aufnahmevorrichtung 11 zusammen mit der Membranfolie 2 wird der Grundkörper 3 zuerst mit den U-förmig ausgebildeten Formteilen 33 in einen dafür vorgesehenen Schacht 110 der Aufnahmevorrichtung 11 eingeführt. In den Schacht 111 sind drei zueinander parallel verlaufende Rippen 111 derart angeordnet, daß der eingesetzte Grundkörper 3 mit der Unterkante des Basisteils 32 und den Trennwänden 31 auf den Rippen 111 aufliegend, eine bündige Oberfläche mit der Aufnahmevorrichtung 11 bildet und die Schweißnaht unterstützt. Auf der Aufnahmevorrichtung 11 wird anschließend ein doppelschichtiges, stempelartig ausgebildetes Andruckglas 12 verwendet. Der doppelschichtige Aufbau des Andruckglases 12 mit einem Paßteil 120 und einem Auflageteil 121 ist auf die Umrandung 34 des Grundkörpers 3 zurückzuführen. Das Paßteil 120 ist auf einer Klebefläche 701 des Auflageteiles 121 mittels eines Einkomponentenklebers befestigt und dabei so bemessen, daß es die von der Umrandung 34 eingefasste Deckfläche des Grundkörpers 3 ganzflächig bedeckt. Um den Strahlengang der Infrarotstrahlung beim Übergang zwischen dem Auflageteil 121 und dem Paßteil 120 nur geringfügig zu beeinflussen und damit die optischen Verluste so klein wie möglich zu halten, bietet sich das Kleben als Verbindungstechnik bei einer Verschlechterung des Transmissionsgrades von 0,8 auf 0,7 an. Damit das Auflageteil 121 mit einer Auflagefläche 700 auf der Aufnahmevorrichtung 11 plan aufliegt, entspricht die Dicke des Paßteils 120 der Höhe der Umrandung 34. Das Auflageteil 121 des Andruckglases 12 ist darüber hinaus so dimensioniert, daß es mit den Kanten der Aufnahmevorrichtung 11 bündig abschließt. Um im folgenden die Membranfolie 2 und den Grundkörper 3 zu einem Tintenbehälter mittels Infrarotstrahlung verschweißen zu können, ist das Paßteil 120 auf der dem Auflageteil 121 abgewandten Seite mit einer Reflexionsschicht 122 versehen. Die Reflexionsschicht 122 ist dabei so strukturiert, daß ein Verschweißen der Membranfolie 2 auf dem Grundkörper 3 an dafür vorgesehenen Stellen erfolgt. Die Reflexionsschicht 122 ist ferner auf der Auflagefläche 700 des Auflageteils 121 aufgebracht, um insbesondere die Umrandung 34 und die Aufnahmevorrichtung 11 vor den Infrarotstrahlen der Schweißlampe 4 zu schützen. Wird jedoch, statt der Reflexionsschicht 122 eine Absorptionsschicht verwendet, so kommt es infolge der dadurch auftretenden starken Erwärmung des Andruckglases 12 im Bereich der Absorptionsschicht zu Kontaktschweißungen, die unerwünscht sind. Ein mit der Reflexionsschicht 122 in der beschriebenen Weise versehenes, stempelartig aufgebautes spannungsarmes Andruckglas 12 wird als Spiegelmaske bezeichnet. Als Material für die Reflexionsschicht 122 wird Aluminium verwendet, das auf einer 1 µm dicken Titan-Zwischenschicht abgeschieden wird und im Infrarot-Bereich noch 85% der einfallenden Strahlung reflektiert. Neben Aluminium kann aber auch Silber als Material für die Reflexionsschicht 122 verwendet werden. Das vom Reflexionsvermögen bessere jedoch wesentlich teurere Silber hat wie Aluminium den Nachteil, daß es sehr anfällig gegen Kratzer und Fingerabdrücke ist. Es ist deshalb zweckmäßig, für die Reflexionsschicht 122 Materialien zu verwenden, die eine höhere mechanische Festigkeit aufweisen, wie beispielsweise CrNi-Verbindungen oder Titan. Bei der Verwendung von Silber oder Aluminium besteht alternativ die Möglichkeit, die Reflexionsschicht 122 vor Abrieb mit einer SiO₂-Schicht zu schützen.

Zum Schutz gegen mechanische Beschädigung wird auf dem als Spiegelmaske ausgebildeten Andruckglas 12 anschließend zunächst ein Gummirahmen 13 und danach zum Aufbringen der Andruckkraft ein Andruckrahmen 14 positioniert. Das Positionieren erfolgt über vier Rändelschrauben 15, die in jeweils vier rechteckförmig angeordneten Durchtrittsöffnungen 130 bzw. 140 durchsteckbar und längs des Andruckglases 12 und der Aufnahmevorrichtung 11 in Gewindebohrungen 100 der Grundplatte 10 verschraubbar sind. Durch gleichmäßiges Anziehen der Rändelschrauben 15 wird somit eine einheitliche Flächenpressung zwischen der Membranfolie 2 und dem Grundkörper 3 insbesondere im Bereich der Schweißnaht erzielt. Darüber hinaus sind die Rändelschrauben 15 jeweils mit einer um den Schraubenschaft angeordneten Schraubenfeder 16 versehen.

Durch den federnden Andruck des als Spiegelmaske ausgebildeten Andruckglases 12 wird gewährleistet, daß die durch die Infrarotstrahlung plastifizierten Grenzschichten der Membranfolie 2 und des Grundkörpers 3 in der Schweißebene ineinanderfließen. Die gleichmäßige Flächenpressung zwischen der Membranfolie 2 und dem Grundkörper 3 ist ebenfalls unerlässlich für ein gutes Schweißergebnis. So hängt die Güte der Schweißung maßgeblich von der gleichmäßigen Verteilung des Schweißdruckes auf der gesamten Schweißnaht ab. Damit sich infolge von Lufteinschlüssen in der Schweißebene keine Löcher in der Membranfolie 2 bilden, sind zur Unterstützung der Schweißnaht in der Aufnahmevorrichtung 11 die Rippen 111 angeordnet.

In der Mitte des Gummirahmens 13 und des Andruckrahmens 14 ist jeweils eine rechteckförmige Öffnung 131 bzw. 141 eingelassen. Die Abmessungen der Öffnungen 131, 141 ergeben sich einerseits aus der Querschnittsfläche des Schachtes 110 der Aufnahmevorrichtung 11 und andererseits aus der Abstrahlcharakteristik der Schweißlampe 4. Die elektrische Leistung bezieht die Schweißlampe 4 aus einer Spannungsquelle 5, bei der durch Anlegen einer Spannung U der Schweißlampe 4 ein Strom I aufgezwungen wird. Als Schweißlampe 4 wird ein Halogen-Infrarot-Reflektorstrahler verwendet, der einen dem Strom I proportionalen Strahlungsfluß Φ erzeugt. Der Strahler besteht aus einer Halogenglühlampe 41 und einem Infrarot-Ellipsoid-Reflektor 40. Die Halogenglühlampe 41 ist umgeben von dem Infrarot-Ellipsoid-Reflektor 40 mit diesen zusammen an einer Lampenhalterung 42 befestigt. Die Abstrahlcharakteristik der Schweißlampe 4 ergibt sich aus zwei Brennpunkten f_1 , f_2 des Infrarot-Ellipsoid-Reflektors 40. Im ersten Brennpunkt f_1 ist eine Lampenwendel 410 der Halogenglühlampe 41 angeordnet, während der zweite Brennpunkt f_2 im Arbeitspunkt der Infrarot-Schweißvorrichtung liegt. Die Lage dieses Arbeitspunktes läßt sich durch Bewegen der Schweißlampe 4 in z -Richtung verändern. Als Bezugsgröße für die Festlegung des jeweiligen Arbeitspunktes ist der Abstand z_1 zwischen der

Unterkante des halbkreisförmig ausgebildeten Infrarot-Ellipsoid-Reflektors 40 und der Deckfläche des als Spiegelmaske ausgebildeten Andruckglases 12, im folgenden auch als Schweißabstand bezeichnet, definiert. Um innerhalb kürzester Zeit eine maximale Erwärmung in der Schweißebene zwischen der Membranfolie 2 und dem Grundkörper 3 zu gewährleisten, sollte der Schweißabstand z 1 unter Berücksichtigung der Brechungseigenschaften des als Spiegelmaske ausgebildeten Andruckglases 12 so gewählt werden, daß die Brennebene mit der Schweißebene zusammenfällt. Für die Halogenglühlampe 41 der Infrarot-Schweißvorrichtung beträgt die maximal erzielbare Strahlungsflußdichte im Arbeitspunkt ca. 140 W/cm^2 . Da eine konstante Schweißtemperatur nur in unmittelbarer Umgebung des Brennpunktes bzw. Arbeitspunktes vorliegt, ergeben sich hieraus für die gleichmäßige Erwärmung des Schweißbereiches Begrenzungskriterien an die Breite einer Schweißnaht. Für den Fall, daß die Schweißlampe 4 ohne zusätzliche Optiken benutzt wird, ist nur noch ein Konturschweißen für Konturbreiten kleiner als 6 mm möglich. Das Schweißen einer Kontur erfolgt durch eine Relativbewegung zwischen dem Brennpunkt /2 und den in der Andruckvorrichtung 1 eingespannten, miteinander zu verschweißenden thermoplastischen Werkstücken 2, 3 entlang der durch die Reflexionsschicht 122 auf dem Andruckglas 12 festgelegten Kontur. Realisiert wird diese Relativbewegung durch Verschieben der Andruckvorrichtung 1 mit einer vorgegebenen Schweißgeschwindigkeit in x- und y-Richtung. Liefert die Schweißlampe 4 hingegen mittelbar oder unmittelbar über dem gesamten Schweißbereich eine konstante Strahlungsflußdichte, so ist die Relativbewegung zwischen der Andruckvorrichtung 1 und der Schweißlampe 4 überflüssig.

In Fig. 4 ist in Bezug zu Fig. 3 der Verlauf von der Schweißlampe 4 emittierten Strahlung durch das im Schweißabstand z 1 von der Schweißlampe 4 entfernte Andruckglas 12 bis zur Fokussierung auf eine Schweißfläche A in der Schweißebene zwischen der Membranfolie 2 und dem Flaschenkörper 3 dargestellt. Berücksichtigung findet hierbei der Brechungseinfluß zwischen dem Medium Luft und dem Auflageteil 121 des Andruckglases 12 und der Brechungseinfluß infolge der Klebeschicht zwischen dem Auflageteil 121 und dem Paßteil 120. Letzterer ist wegen der geringen Schichtdicke des Einkomponentenklebers von maximal 0,2 mm bei einem Brechungsindex von $n=1,472$ für das Andruckglas 12 sowie einem Brechungsindex $n=1,59$ für den Einkomponentenkleber zu vernachlässigen. Wegen unterschiedlicher Dicken des Andruckglases 12 ergibt sich somit für einen Tintenbehälter gemäß Fig. 7 ein Schweißabstand von 13,4 mm, während für einen Tintenbehälter gemäß Fig. 8 der Schweißabstand z 1 11,5 mm beträgt. Die Fig. 4 zeigt außerdem im Zusammenhang mit der Fig. 5 und 6 das Problem auf, das entsteht, wenn beim Aufbringen der Reflexionsschicht 122 auf das Auflageteil 121 und das Paßteil 120 auf eine ausreichende Abdeckung der Tintenkanäle 30 im Bereich der Schweißfläche A verzichtet wird. Wird beispielsweise die Reflexionsschicht 122 in diesem Bereich zu knapp ausgelegt, so besteht die Gefahr, daß die Membranfolie 2 mit dem inneren Wannenrand der Tintenkanäle 30 verschmilzt. Dieses hat zur Folge, daß sich entweder der effektive Tintenraum verkleinert oder aber die Membranfolie 2 durchbrennt. In Fig. 5 ist hierzu im Unterschied zu Fig. 6 eine auf dem Paßteil 120 des Andruckglases 12 richtig strukturierte Reflexionsschicht 122 dargestellt, ohne daß es zu einem Verschmelzen der Membranfolie 2 mit dem inneren Wannenrand der Tintenkanäle 30 des Grundkörpers 3 kommen kann.

In Fig. 7 ist ein aus der Membranfolie 2 und dem Grundkörper 3 mit der beschriebenen Infrarotschweißvorrichtung hergestellter Tintenbehälter mit drei Tintenkanälen 30 für unterschiedliche Tintenfarben dargestellt.

In Fig. 8 ist ein aus der Membranfolie 2 und dem Grundkörper 3 mit der beschriebenen Infrarot-Schweißvorrichtung hergestellter Tintenbehälter mit einer Tintenkanäle 30 dargestellt. Für beide Tintenbehälter-Varianten ergeben sich für das Konturschweißen, bei dem die Andruckvorrichtung 1 relativ zur Schweißlampe 4 bewegt wird, folgende in einer Tabelle zusammengefaßten Schweißparameter:

Tintenbehältertyp	1-Farb-Behälter	3-Farb-Behälter
Schweißtemperatur/(°C)	180	180
Schweißdauer/(s)	25	35
Schweißweg/(mm)	156	293
Schweißgeschwindigkeit/(mm/s)	6–6,5	8–8,5
Lampenabstand/(mm)	11,8	13,4
Schweißdruck/(bar)	2	2
Spannung/(V)	11,5	11,5
Strom/(A)	8,5	8,5
Lampenleistung/(W)	ca. 100	ca. 100
Abkühldauer/(s)	ca. 15	ca. 15

Patentansprüche

1. Verfahren zum Verschweißen von thermoplastischen Werkstoffen mittels Wärmestrahlung mit folgenden Merkmalen:

- a) ein erstes und zweites thermoplastisches Werkstück (2 bzw. 3) werden übereinander gelegt und zum Verschweißen in ein energiereiches Strahlenbündel gebracht,
- b) zum Festlegen einer Schweißnaht wird das Strahlenbündel bereichsweise ausgeblendet und
- c) die thermoplastischen Werkstücke (2, 3) werden unter einer federnden Andruckkraft (F) gleichmäßig auf eine Aufnahmevorrichtung (11) gepreßt, die die thermoplastischen Werkstücke (2, 3) im Bereich der Schweißnaht unterstützt.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß das Strahlenbündel in einer Schweißebene

- zwischen den thermoplastischen Werkstücken (2, 3) fokussiert wird und die thermoplastischen Werkstücke (2, 3) auf der Aufnahmevorrichtung (11) zur Bildung der Schweißnaht relativ zum Fokus bewegt werden.
3. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß das Strahlenbündel durch eine geeignete Optik aufgeweitet wird, um in der Schweißebene zwischen den thermoplastischen Werkstücken (2, 3) eine gleichmäßige Bestrahlungsstärke zu erreichen.
4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß die thermoplastischen Werkstücke (2, 3) Elemente eines Tintenbehälters einer Tinteneinrichtung bilden.
5. Anordnung zum Verschweißen von thermoplastischen Werkstoffen mittels Wärmestrahlung mit folgenden Merkmalen:
- a) ein erstes und zweites thermoplastisches Werkstück (2 bzw. 3) sind auf einer Aufnahmevorrichtung (11) übereinander geschichtet angeordnet, die die thermoplastischen Werkstücke (2, 3) im Bereich einer Schweißnaht unterstützt,
 - b) eine Strahlungseinrichtung (4) ist auf einer optischen Verbindungslinie zum thermoplastischen Werkstück (2) angeordnet,
 - c) zum Festlegen der Schweißnaht ist eine Spiegelmaske (12, 122) vorgesehen, die ein transparentes Andruckelement (12) und eine dem ersten thermoplastischen Werkstück (2) zugewandte reflektierende Blende (122) aufweist,
 - d) die Spiegelmaske (12, 122) ist in einem Schweißabstand (z 1) zwischen der Strahlungseinrichtung (4) und dem thermoplastischen Werkstück (2) unmittelbar auf diesem angeordnet und
 - e) eine Andruckvorrichtung (1) ist für den Schweißvorgang vorgesehen, die die thermoplastischen Werkstücke (2, 3) auf der Aufnahmevorrichtung (11) mit einer federnden Andruckkraft (F) gleichmäßig zusammendrückt.
6. Vorrichtung nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, daß das transparente Andruckelement (12) mehrschichtig, stempelartig ausgebildet ist.
7. Vorrichtung nach Anspruch 5 oder 6, dadurch gekennzeichnet, daß die reflektierende Blende (122) mit dem transparenten Andruckelement (12) unmittelbar verbunden ist.
8. Vorrichtung nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, daß die reflektierende Blende (122) aus Aluminium mit einer Siliziumdioxid-Schutzschicht sowie einer Zwischenschicht aus Titan zwischen dem Aluminium und dem Glas aufgebaut ist.
9. Vorrichtung nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, daß die reflektierende Blende (122) aus Silber mit einer Siliziumdioxid-Schutzschicht sowie einer Zwischenschicht aus Titan zwischen dem Silber und dem Glas aufgebaut ist.
10. Vorrichtung nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, daß die reflektierende Blende (122) aus einer Chrom-Nickel-Verbindung aufgebaut ist.
11. Vorrichtung nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, daß die reflektierende Blende (122) aus Titan aufgebaut ist.
12. Vorrichtung nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, daß die Strahlungseinrichtung (4) aus einer Halogenleuchte (41) und einem Infrarot-Ellipsoid-Reflektor (40) besteht.
13. Vorrichtung nach Anspruch 5, 8 oder 10, dadurch gekennzeichnet, daß das erste thermoplastische Werkstück (2) als transluzente Membranfolie mit teilkristallinem Aufbau und das zweite thermoplastische Werkstück (3) als massiver strahlungsabsorbierender Kunststoff mit ebenfalls teilkristallinem Aufbau ausgebildet sind.
14. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 5 bis 15, dadurch gekennzeichnet, daß ein Gummirahmen vorgesehen ist, der das Andruckelement (12) gegen mechanische Beschädigungen schützt.
15. Vorrichtung nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, daß die Andruckvorrichtung (1) relativ zur Strahlungseinrichtung (4) bewegbar ausgebildet ist.
16. Vorrichtung nach Anspruch 15, dadurch gekennzeichnet, daß die Andruckvorrichtung (1) auf einem Kreuztisch befestigt und von einem Schrittmotor antreibbar ist.
17. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 5 oder 15, 16, dadurch gekennzeichnet, daß die Andruckvorrichtung (1) eine Grundplatte (10) enthält, auf der die Aufnahmevorrichtung (11) mit den thermoplastischen Werkstücken (2, 3) angeordnet ist, und einen Andruckrahmen (14) aufweist, der zum Aufbringen der federnden Andruckkraft (F) über Befestigungselemente (15) mit der Grundplatte (10) verbunden ist.
18. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 5 oder 15 bis 17, dadurch gekennzeichnet, daß die Andruckvorrichtung (1) geneigt angeordnet und der Andruckrahmen (14) mit dem Andruckelement (12) und der reflektierenden Blende (122) befestigbar sowie zum Ausformen der thermoplastischen Werkstücke (2, 3) aus der Aufnahmevorrichtung (11) mit Auswerfelementen koppelbar ist, die an der Aufnahmevorrichtung (11) befestigt sind.

Hierzu 4 Seite(n) Zeichnungen

FIG 1

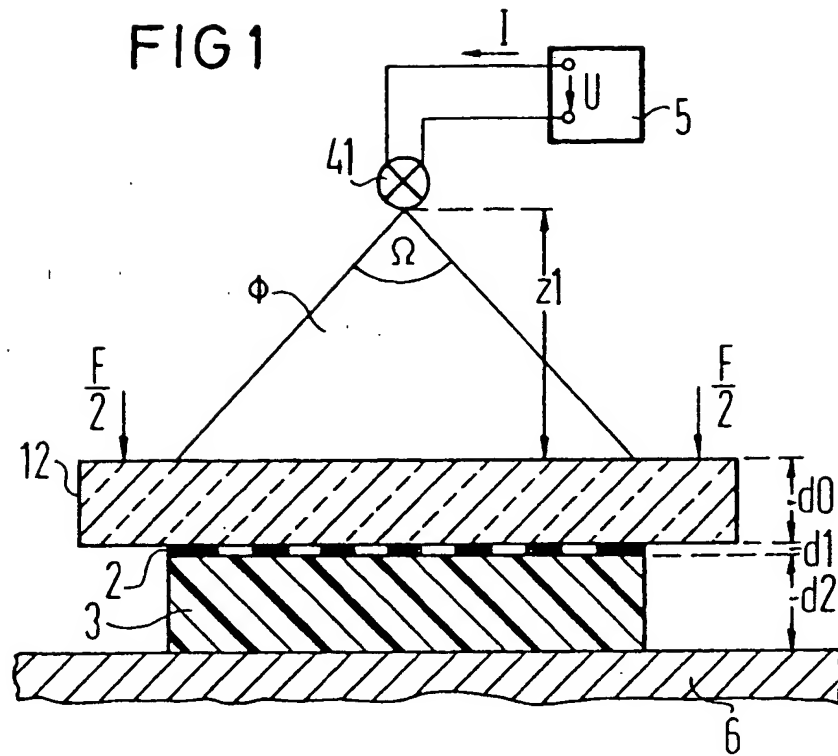
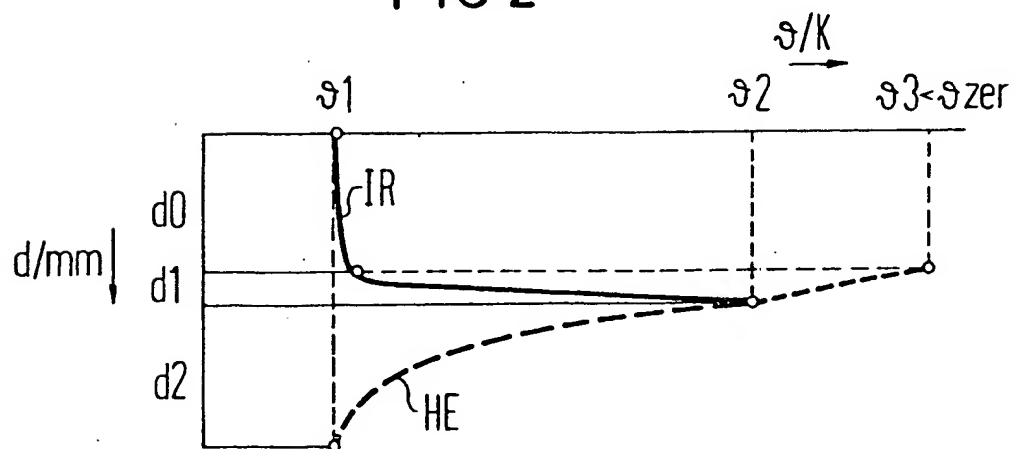


FIG 2



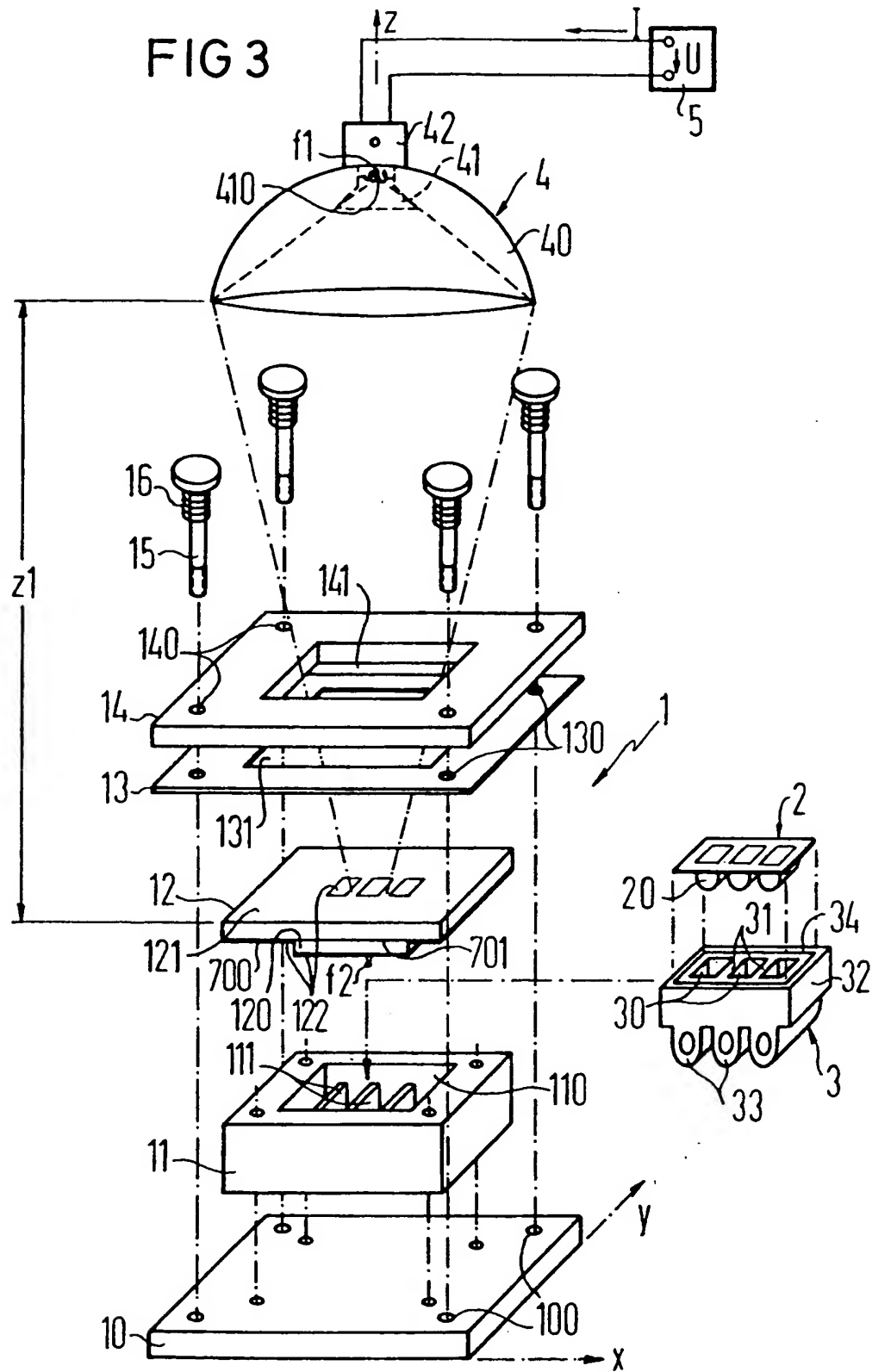


FIG 4

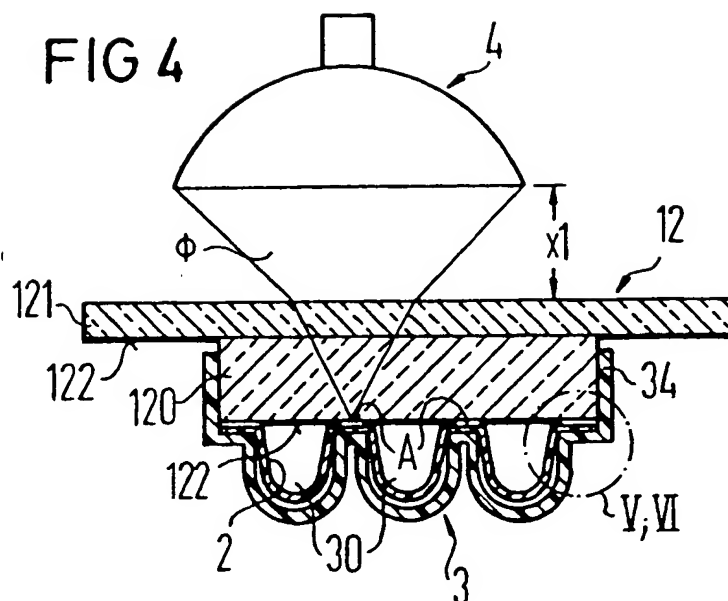


FIG 5

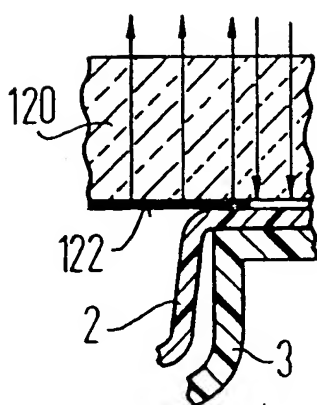


FIG 6

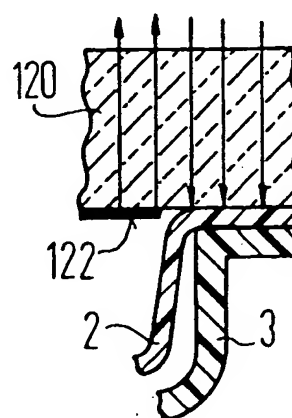


FIG 7

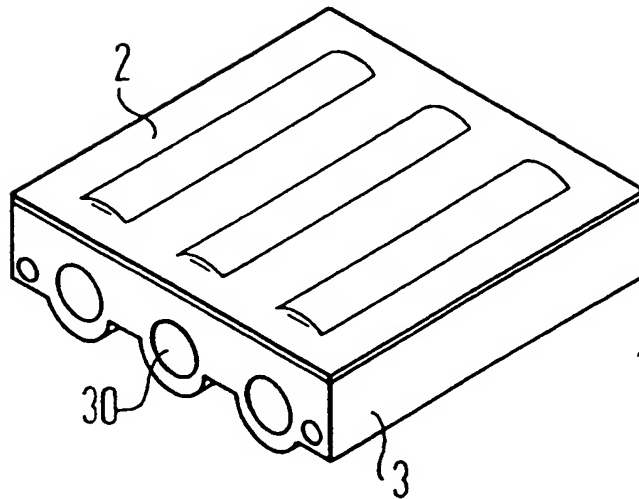
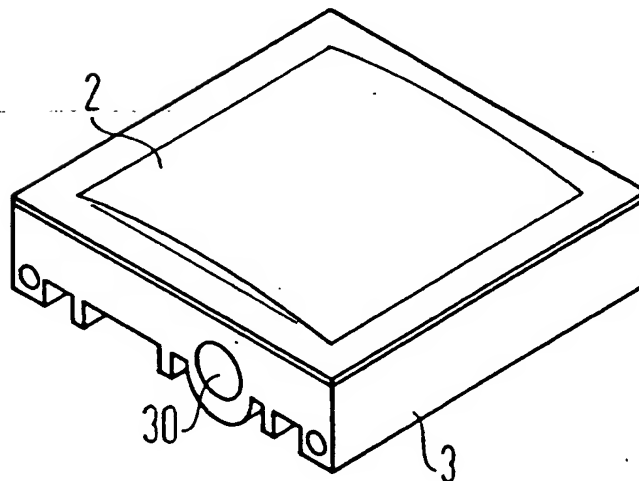


FIG 8



**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☒ FADED TEXT OR DRAWING
- ☒ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☒ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☒ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.

THIS PAGE BLANK (USPTO)